



日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 9月19日

出願番号

Application Number:

特願2000-283568

願人

Applicant (s):

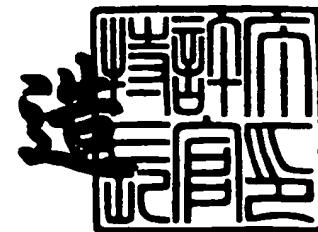
富士写真フィルム株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 3月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕



【書類名】 特許願

【整理番号】 P25517J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G06T 3/00

G06T 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

【氏名】 大沢 哲

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フィルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像の位置合わせ方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 比較対象となる2つの画像を位置合わせする画像の位置合わせ方法であって、

前記2つの画像にそれぞれ多数の対応する小領域を設定し、

前記2つの画像の対応する各小領域間で対応位置関係をそれぞれ求め、

前記各対応位置関係に基づいて、前記対応する小領域間で位置合わせのための相対的な移動量を求め、

全ての前記小領域をそれぞれ中心領域としたときの周囲の複数の小領域と該中心領域とをそれぞれ、前記中心領域についての前記移動量と前記周囲の各小領域についての前記移動量とに応じた拘束力で拘束させ、

前記拘束力に応じて、前記各中心領域についての新たな相対的な移動量を求め

前記各中心領域ごとの前記新たな相対的な移動量にしたがって、前記対応する各小領域を相対的に移動させることを特徴とする画像の位置合わせ方法。

【請求項2】 前記対応する各小領域間の対応位置関係を、該対応する各小領域間でのテンプレートマッチングにより求めることを特徴とする請求項1記載の画像の位置合わせ方法。

【請求項3】 前記新たな相対的な移動量を前記移動量に置換したうえで、前記新たな移動量を求める操作を繰り返すことを特徴とする請求項1または2記載の画像の位置合わせ方法。

【請求項4】 前記新たな相対的な移動量を前記移動量に置換したうえで、前記新たな移動量を求める操作を、前記全ての中心領域についての前記拘束力の総和が所定値以下になるまで繰り返すことを特徴とする請求項1から3のうちいずれか1項に記載の画像の位置合わせ方法。

【請求項5】 前記拘束力を、前記中心領域についての前記移動量と前記周囲の各小領域についての前記移動量との差に応じた弾性力としたことを特徴とする請求項1から4のうちいずれか1項に記載の画像の位置合わせ方法。

【請求項6】 前記弾性力の弾性係数を、前記周囲の小領域ごとに可変とすることを特徴とする請求項5記載の画像の位置合わせ方法。

【請求項7】 前記画像が、撮影時点が互いに異なる同一被写体の時系列の画像であることを特徴とする請求項1から6のうちいずれか1項に記載の画像の位置合わせ方法。

【請求項8】 前記画像が、医療用放射線画像であることを特徴とする請求項1から7のうちいずれか1項に記載の画像の位置合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は画像の位置合わせ方法に関し、詳細には、2つの画像の位置合わせの改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、同一被写体についての2以上の画像を比較読影して、両画像間の差異を調べ、その差異に基づいて被写体の検査などを行うことが、種々の分野において行われている。

【0003】

例えば工業製品の製造分野においては、ある製品について新品の状態の時に撮影された画像と、当該製品の耐久試験後に撮影された画像とを比較読影して、両者の差異の大きな部位に注目することにより、製品の耐久性を向上させるべき部位を検討することが行われており、また医療分野においては、ある患者の疾患部位について時系列的に撮影された複数枚の放射線画像を医師が比較読影することにより、当該疾患の進行状況や治癒状況を把握して治療方針を検討することが行われている。

【0004】

このように2以上の画像を比較読影することが日常的に各種の分野で行われているが、その比較読影のために、これら2以上の画像を画像表示装置等に表示させる場合がある。すなわち画像を濃度信号や輝度信号に変換したうえで、画像表

示装置等に表示し、またはプリンターによりフィルム等の媒体に出力するのである。

【0005】

ここで比較読影の対象となる2以上の画像を出力する場合、それらの画像を単に並べて出力するのが一般的であるが、比較読影を行なう場合に読影者にとって最も関心があるのはこれらの画像間の差異である。しかし、上述したように例えば2つの画像を単に並べてこの差異を発見するのは、その差異が小さい程困難であり、比較読影の性能向上が求められている。

【0006】

そこで一般的には、比較読影の対象とされる2以上の画像間で画素を対応させた減算処理（サブトラクション処理）をはじめとした画像間演算を行なって、上記差異を抽出・強調することが行われる。このように画像間の差異のみが抽出・強調されることにより、読影者に対して画像間の差異を確実に視認させることができるために、進行または治癒する病変部の見落としを防止することができると考えられる。

【0007】

ところでこの画像間演算の前提となるのは、比較対象すなわち画像間演算の対象となる2つの画像間で精度良く位置合わせがなされている必要がある。精度よく位置合わせがなされていないと、画素を対応させた画像間演算により画像中の構造物のアーティファクトが生じるからである。

【0008】

一方、比較対象となる2つの画像は、時系列的に同時に撮影された画像だけでなく、時間的に離れた2つの時点でそれぞれ取得されたものである場合も多く、それぞれの取得時における被写体の撮影体位のずれや誤差等により、2つの画像間には特に位置ずれを有していることが多い。したがって、画像間演算に先立って、これらの位置ずれを予め補正する必要がある。

【0009】

そこで比較対象となる同一被写体についての2つの画像のうち少なくとも一方の画像に対してアフィン変換等の線形変換（平行シフト、回転、拡大・縮小）を

施して、両画像を位置合わせする方法や、一方の画像に多数の 小領域であるテンプレート領域を設定するとともに、他方の画像に、各テンプレート領域にそれぞれ対応する、該各テンプレート領域よりも大きい領域の探索領域を設定し、互いに対応するテンプレート領域および探索領域の各組において、テンプレート領域と画像が略一致する、探索領域内の部分領域を求め（小領域単位でのテンプレートマッチング）、一方の画像における各テンプレート領域と他方の画像における各部分領域との相対的な対応位置関係に基づいて、各領域（各テンプレート領域と、対応する各部分領域）間での相対的な各移動量（シフト量）を求め、各テンプレート領域または各部分領域をそれらのシフト量だけシフトさせて位置合わせすることが考えられる。

【0010】

しかし、線形変換では大局的な位置合わせはできるものの、サブトラクション処理等の画素単位での演算処理に耐え得る程度の精密な位置合わせを行なうのは困難であり、また小領域単位でのテンプレートマッチングを利用した位置合わせ方法では、各小領域を独立してシフトさせるため、画像中に生じたノイズ等の影響等により、一部の 小領域だけが、他の 小領域のシフト方向やシフト位置とは極端に異なる方向、位置にシフトすることがあり、位置合わせ後の画像中の構造物（例えば胸部放射線画像中の肋骨など）が、不自然に変形されたものとなる場合もある。

【0011】

そこで比較対象となる同一被写体についての2つの画像のうち少なくとも一方の画像に多数の 小領域であるテンプレート領域を設定するとともに、他方の画像に、前記各テンプレート領域にそれぞれ対応する、該各テンプレート領域よりも大きい領域の探索領域を設定し、互いに対応する前記テンプレート領域および前記探索領域の各組において、前記テンプレート領域と画像が略一致する、探索領域内の部分領域を求め、前記一方の画像における各テンプレート領域と前記他方の画像における各部分領域との相対的な対応位置関係に基づいて、各領域（各テンプレート領域と、対応する各部分領域）間での相対的な各シフト量を求め、両領域が略一致するように、両画像のうちいずれか一方の画像に対して非線形歪変

換（例えば2次元多項式によるカーブフィッティングを用いた非線形歪み変換等）処理（ワーピング）を施す画像の位置合わせ方法が提案されている（特開平7-37074号、同8-335721号等）。この方法は、ノイズなどの影響で一部の領域について生じた突発的なシフト量を吸収して平滑化する効果があるため、上述した問題を防止しつつ、精度の高い位置合わせを行なうことができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような位置合わせを行なっても、部分的に適切に位置合わせを行なうことができない領域が生じる場合がある。このような場合、位置合わせ処理された画像を読影した医師等が、より完全な位置合わせのために、表示された画像を見ながら一部の小領域について手動で位置合わせを行なうことが想定される。しかしながら、上述した位置合わせ方法は、全ての小領域のシフト量に基づいてシフト量の平滑化を行なっているため、一部の小領域のシフト量を修正すると、全ての小領域のシフト量を計算し直す必要があり、その結果、再度の位置合わせのための演算に長時間を要するものとなる。

【0013】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、比較対象となる2つの画像の位置合わせ精度を高く維持しつつ、計算時間を短縮することを可能にした画像の位置合わせ方法を提供することを目的とするものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の画像の位置合わせ方法は、比較対象となる2つの画像の対応する各小領域単位でそれぞれ移動量（シフト量）を求め、各小領域と各小領域を中心領域としたときの周囲の複数の小領域とをそれぞれ、シフト量に応じた拘束力で拘束し、その拘束力により周囲の小領域のシフト量と釣り合うように新たなシフト量を求めて各小領域単位で位置合わせすることにより、簡単な計算処理で平滑化効果を有するシフト量を求めることができるとともに、位置合わせ精度を高く維持するものである。

【0015】

すなわち本発明の画像の位置合わせ方法は、比較対象となる2つの画像を位置合わせする画像の位置合わせ方法であって、

前記2つの画像にそれぞれ多数の対応する小領域を設定し、

前記2つの画像の対応する各小領域間で対応位置関係をそれぞれ求め、

前記各対応位置関係に基づいて、前記対応する小領域間で位置合わせのための相対的な移動量を求め、

全ての前記小領域をそれぞれ中心領域としたときの周囲の複数の小領域と該中心領域とをそれぞれ、前記中心領域についての前記移動量と前記周囲の各小領域についての前記移動量とに応じた拘束力で拘束させ、

前記拘束力に応じて、前記各中心領域についての新たな相対的な移動量を求め

前記各中心領域ごとの前記新たな相対的な移動量にしたがって、前記対応する各小領域を相対的に移動させることを特徴とするものである。

【0016】

ここで上記画像として、医療用放射線画像を適用することができ、また撮影時点が互いに異なる同一被写体の時系列の画像であることが好ましい。これらの画像は比較的位置ずれが生じやすい一方、その位置ずれ状態を補正する位置合わせの要求が大きいからである。なお被写体としては、人体等の他、動植物、工業製品、地形、天体、風景等あらゆるもの適用することができる。以下の発明においても同様である。

【0017】

比較対象となる2つの画像は、高度な位置合わせ精度が求められる画像間演算に供されるものを適用するのが好ましく、この画像間演算としては、特に、2つの画像をそれぞれ表す画像情報間の画素を対応させた減算処理が適用されるものが好ましい。この場合、単純な減算であってもよいし、重み付けを行なったうえでの減算であってもよい。減算処理によって得られた画像間演算画像は一般にサブトラクション画像と称され、このサブトラクション画像としては、時系列的に略同時に撮影して得られたエネルギー分布の互いに異なる2つの原画像（＝オリジナルの画像；高压画像（通常の放射線画像）および低压画像（高压抑制画像）

）に基づいて（単純減算または荷重減算によって）得られるエネルギーサブトラクション画像、時系列的に異なる時期に撮影して得られた2つの原画像に基づいて得られる経時サブトラクション画像、造影剤の注入前後にそれぞれ撮影して得られる血管の2つの原画像に基づいて得られるD S A（デジタルサブトラクション・アンギオグラフィ）画像等が含まれる。

【0018】

さらに上記画像としては、位置ずれが生じやすい、撮影時点が互いに異なる時系列の画像であることが望ましく、また、特に医療用放射線画像を適用するのが好ましい。

【0019】

2つの画像にそれぞれ設定される多数の小領域は、全体で各画像の全面をカバーするように設定するのが好ましいが、サブトラクション処理等の画像間演算の対象となる関心領域についてのみ設定してもよい。読影に関心を寄せる領域における差異を明瞭にするには、当該関心領域について位置合わせがなされれば十分だからである。

【0020】

対応位置関係とは、対応する小領域間で、これらの領域内の画像の一致度が最も高くなる位置関係を意味し、位置関係は、例えば対応する小領域のそれぞれの中心座標等で表される。

【0021】

なお対応位置関係は、例えば対応する各小領域間でテンプレートマッチングにより求めるのが好ましく、この場合、一方の画像の小領域をテンプレートとし、他方の画像の小領域をテンプレートより大きい探索領域として設定し、探索領域内でテンプレートを移動しながら、テンプレートの画像と一致度が最も高くなる画像部分を探索し、探索して得られた画像部分の、他方の画像における位置と、一方の画像におけるテンプレートの位置とにより、対応位置関係を求めればよい。

【0022】

小領域間での位置合わせのための相対的な移動量とは、一方の画像における小

領域を他方の画像において対応する小領域の対応位置に移動させるのに必要な移動量（シフト量）、または他方の画像における小領域を一方の画像において対応する小領域の対応位置に移動させるのに必要な移動量を意味し、上述した対応位置関係から一義的に定められる。

【0023】

全ての小領域をそれぞれ中心領域としたときの周囲の複数の小領域と中心領域とをそれぞれ拘束させると、一方の画像または他方の画像を基準としたときの、他方の画像または一方の画像における各小領域ごとの移動量がそれぞれ求められるが、その移動させる方の画像における特定の小領域に注目して、この注目した小領域を中心領域としたとき、中心領域を取り囲む周囲の小領域（小領域がマトリックス状に設定されている場合には、中心領域を一重に取り囲む小領域は8つになり、小領域が千鳥状に設定されている場合には、中心領域を一重に取り囲む小領域は6つになる。）と当該中心領域とを拘束力で拘束し、注目する特定の小領域を全ての領域に独立して適用して同様に拘束することを意味する。

【0024】

中心領域についての移動量と周囲の各小領域についての移動量とに応じた拘束力で拘束するとは、上記中心領域の移動量と周囲の各小領域についての移動量との差やその他の演算結果により規定される拘束力で、中心領域を拘束することを意味する。この拘束力としては、例えば上記中心領域の移動量と各周囲小領域の各移動量との差分を「変位量」としたときのバネ力等の弾性力や、中心領域の移動量と各周囲小領域の各移動量とをそれぞれ「電荷」または「磁荷」としたときのクーロン力等の引力などを適用することができ、特に1次比例する弾性力を適用するのが、計算を高速化するうえで好ましい。

【0025】

なお、弾性力の弾性係数は、周囲の小領域ごとに可変とするのが好ましく、例えば中心領域から各周囲の小領域までの距離に応じて変更すればよい。

【0026】

拘束力に応じて各中心領域についての新たな相対的な移動量を求めるとは、例えば、中心領域と周囲の小領域とをバネによる拘束力で拘束したときに、バネに

による拘束力（弾性力）により中心領域が引き戻される分の移動量を、元の移動量（対応位置関係に基づいて算出された移動量）から差し引いて、新たな相対的な移動量を求ること等を意味する。弾性力に代えて、クーロン力等の引力を適用した場合も同様である。

【0027】

なお、各小領域について新たな相対的な移動量が求められると、この新たな移動量により、さらに拘束力による復元力や引力が生じるため、新たな移動量に基づいて、さらに新しい移動量を求める操作を繰り返すのが好ましく、拘束力の総和が所定値以下になるまで繰り返すことにより、より平滑化の効果が高くなり好ましい。

【0028】

【発明の効果】

本発明の画像の位置合わせ方法によれば、位置合わせ対象となる2つの画像にそれぞれ多数の対応する小領域を設定し、これら2つの画像の対応する各小領域間で対応位置関係をそれぞれ求め、各対応位置関係に基づいて、対応する小領域間で位置合わせのための相対的な移動量を求め、全ての小領域をそれぞれ中心領域としたときの周囲の複数の小領域と中心領域とをそれぞれ、中心領域についての移動量と周囲の各小領域についての移動量とに応じた拘束力で拘束させることにより、中心領域のシフト量が、拘束力によって、周囲の小領域についてのシフト量で平滑化され、この平滑化して得られた新たな相対的な移動量にしたがって、対応する各小領域を相対的に移動させることにより、簡単な計算処理で平滑化効果を有するシフト量を求めることができるとともに、位置合わせ精度を高く維持することができる。

【0029】

しかも、従来の位置合わせ方法では、一部の小領域のシフト量を修正しただけで、多大な時間をかけて全ての小領域のシフト量を再計算し直す必要があるが、本発明の画像位置合わせ方法では、中心領域およびその周囲の小領域についてのシフト量のみを修正すればよいため、シフト量の再計算のための時間を大幅に短縮することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の位置合わせ方法の具体的な実施の形態について図面を用いて説明する。図1は本発明の位置合わせ方法の一実施態様の処理フローを示すフローチャート、図2は図1に示した処理フローによる画像位置合わせ方法の処理対象となる2つの画像P1, P2を示すものであり、同一患者についての、撮影時期を異にして撮影された胸部画像（放射線画像）である。なお第1画像P1は時系列的に第2画像P2よりも古い時期に撮影された画像であって、いわゆる過去画像であり、第2画像P2は第1画像P1よりも新しい現在画像である。また、画像P1, P2のサイズは縦1760画素×横1760画素である。

【0031】

これら2つの画像P1, P2を比較読影する場合、医師等の読影者は、現在画像である第2画像P2を基準にして比較する場合が多いため、本実施形態の画像位置合わせ方法においては、第2画像P2を基準として第1画像P1を位置合わせするように作用するものとして以下に説明するが、これとは反対に、第1画像P1を基準として第2画像P2を位置合わせするように作用するものとしてもよい。

【0032】

本実施形態の画像位置合わせ方法によれば、まず、図1のフローチャートに示した通り、第1画像P1には縦160画素×横160画素の探索ROI（RR11, RR12, …, RR21, …, RR31, …）を、画像P1全体をカバーするように、縦11個×横11個（計121個）設定する。一方、第2画像P2には、第1画像P1に設定された各探索ROIとそれぞれ中心座標が一致するテンプレートROI（TR11, TR12, …, TR21, …, TR31, …）を設定する。このテンプレートROIも、第2画像P2に縦11個×横11個（計121個）設定されるが、そのサイズは縦90画素×横90画素であり、探索ROIよりも小さく設定される（図2参照）。

【0033】

次に、第1画像P1の各探索ROI中において、第2画像P2の対応するテン

プレートROIを移動させながら、両ROI間でテンプレートマッチングを行ない、探索ROI内で、テンプレートROIと一致度の高い対応部分をそれぞれ求める。すなわち例えば図3に示すように、同一の中心座標(x0, y0)の対応するテンプレートROI(TR12; 同図(1))および探索ROI(RR12; 同図(2))に関して、テンプレートROI(TR12)を探索ROI(RR12)内で移動させながら、探索ROI(RR12)内でテンプレートROI(TR12)と最も一致度の高い対応部分tR12(中心座標(x, y))を求める。一致度の指標としては相関度などを適用すればよい。

【0034】

この結果から、第2画像P2のテンプレートROI(TR12)と第1画像P1の探索ROI(RR12)との対応位置関係は、座標(x0, y0)と座標(x, y)ということになる。

【0035】

この対応位置関係は、探索ROI(RR12)を、元の中心座標(x0, y0)から中心座標(x, y)に移動させれば、テンプレートROI(TR12)と探索ROI(RR12)とが、同心で最も一致度が高くなることを示している。したがって、探索ROI(RR12)の移動量(シフト量)をベクトル量で表すと、シフトベクトル=(x-x0, y-y0)となる。

【0036】

以上と同様にして、第2画像P2の各テンプレートROI(TRk1)と、第1画像P1の対応する各探索ROI(RRk1)との間で対応位置関係をそれぞれ求め、各探索ROI(RRk1)のシフトベクトルをそれぞれ求める。

【0037】

次に、各探索ROIをそれぞれ中心領域としてその中心領域を取り囲む一重の周囲探索ROI群について、各周囲探索ROIの各シフトベクトルと中心領域の探索ROIのシフトベクトルとを、仮想的なバネで拘束する。すなわち図4に示すように、例えば探索ROI(RR22)を中心領域とすれば、周囲探索ROIは図示のようにRR11, RR12, RR13, RR21, RR23, RR31, RR32, RR33の8つとなり、これらの各探索ROIのシフトベクトルと

中心領域の探索ROI (RR22) のシフトベクトルとを各別にバネで拘束し、それぞれのバネの拘束力で各探索ROIのシフトベクトル間で平衡させる。

【0038】

具体的には、中心領域である探索ROI (RR22) のシフトベクトルを ($x(2, 2), y(2, 2)$) とし、周囲の探索ROIの各シフトベクトルを ($x(2+k, 2+1), y(2+k, 2+1)$) とし、中心領域の探索ROI (RR22) のシフトベクトルと各周囲探索ROIのシフトベクトルとの間の各バネ定数を $a(k, 1)$ とすれば、この中心領域の探索ROI (RR22) は、各バネ拘束力の平衡により、 x 方向について $\Delta x(2, 2)$ 、 y 方向について $\Delta y(2, 2)$ だけシフト量が修正される。すなわち、中心領域の探索ROI (RR22) の本来のシフトベクトルは ($x(2, 2), y(2, 2)$) であるが、周囲8個の探索ROIのシフトベクトル ($x(2+k, 2+1), y(2+k, 2+1)$) とのバネ拘束力により、シフトベクトルの差に応じた引っ張り合いが生じ、ベクトル ($\Delta x(2, 2), \Delta y(2, 2)$) だけ修正される。そして、この修正量 $\Delta x(2, 2), \Delta y(2, 2)$ は以下の式により得られる。

【0039】

【数1】

$$\Delta x(2, 2) = \sum_{k, \ell}^8 [a(k, \ell) \times \{x(2+k, 2+\ell) - x(2, 2)\}] \quad (1)$$

$$\Delta y(2, 2) = \sum_{k, \ell}^8 [a(k, \ell) \times \{y(2+k, 2+\ell) - y(2, 2)\}] \quad (2)$$

この結果、修正量による修正後のシフトベクトル ($n_x(2, 2), n_y(2, 2)$) は、下記式により算出される。

【0040】

【数2】

$$n_x(2, 2) = x(2, 2) + b \cdot \Delta x(2, 2) \quad (3)$$

$$n_y(2, 2) = y(2, 2) + b \cdot \Delta y(2, 2) \quad (4)$$

ただし、 b は定数 ($0 < b \leq 1$)

以上は、探索ROI (RR22) を中心領域とした場合の探索ROI (RR2

2) のシフトベクトルの修正量 ($\Delta x(2, 2)$, $\Delta y(2, 2)$) を表したものであるが、各探索ROIをそれぞれ中心領域として同様の操作を行えば、探索ROI (R R i j) のシフトベクトル ($x(i, j)$, $y(i, j)$) の修正量 ($\Delta x(i, j)$, $\Delta y(i, j)$) は下記式により与えられる。

【0041】

【数3】

$$\Delta x(i, j) = \sum_{k, \ell}^8 [a(k, \ell) \times \{x(i+k, j+\ell) - x(i, j)\}] \quad (5)$$

$$\Delta y(i, j) = \sum_{k, \ell}^8 [a(k, \ell) \times \{y(i+k, j+\ell) - y(i, j)\}] \quad (6)$$

なお、中心領域を順次他の探索ROIに代えて、各探索ROIの修正量 ($\Delta x(i, j)$, $\Delta y(i, j)$) を求める場合に、周囲の探索ROIのシフトベクトルは既に修正された後のものを用いるのではなく、修正前のシフトベクトル ($x(i, j)$, $y(i, j)$) を用いることとする。

【0042】

この結果、各探索ROIの修正量 ($\Delta x(i, j)$, $\Delta y(i, j)$) による修正後のシフトベクトル ($n x(i, j)$, $n y(i, j)$) は、下記式により算出される。

【0043】

【数4】

$$n x(i, j) = x(i, j) + b \cdot \Delta x(i, j) \quad (7)$$

$$n y(i, j) = y(i, j) + b \cdot \Delta y(i, j) \quad (8)$$

なお、1つの中心領域についての8つのバネのバネ定数 $a(k, 1)$ の総和 $\sum a(k, 1)$ を、1に規格化するのが好ましい。

【0044】

また上述した実施形態においては、1つの中心領域の探索ROIを拘束する周囲の探索ROIを、中心領域を一重に取り囲む8つの探索ROIとしたが、さらに外側の16個の探索ROIまで含めて、合計24個の探索ROIと拘束するようにしてもよく、一般に拘束する探索ROIの数を N_c とすれば、式(5), (

6) はそれぞれ、下記式 (9), (10) と表すことができる。

【0045】

【数5】

$$\Delta x(i, j) = \sum_{k, \ell}^{N_c} [a(k, \ell) \times \{x(i+k, j+\ell) - x(i, j)\}] \quad (9)$$

$$\Delta y(i, j) = \sum_{k, \ell}^{N_c} [a(k, \ell) \times \{y(i+k, j+\ell) - y(i, j)\}] \quad (10)$$

以上のように、各探索ROIのシフトベクトルを周囲の探索ROIのシフトベクトルとの間で、バネ拘束力による引っ張り合いをさせて平衡させることにより、シフトベクトルを平滑化させることができ、探索ROIのシフトベクトルが周囲の探索ROIのシフトベクトルに対して全く異なる方向に向いていたり、シフト量が大きく異なったりするなど、突発的なものとなっても、それを抑えることができる。

【0046】

以上の操作により、各探索ROIの中心について修正された後の新たなシフトベクトル ($nx(i, j)$, $ny(i, j)$) が算出されるが、さらに平滑化を行なう場合には、新たなシフトベクトル ($nx(i, j)$, $ny(i, j)$) を元のシフトベクトル ($x(i, j)$, $y(i, j)$) に置き換えて、新たなシフトベクトルを算出する操作を繰り返せばよく、この繰り返しの回数としては例えば、以下の判定基準 (1) ~ (3) のうち少なくとも 1 つに基づいて決定すればよい。なお、繰り返し回数が大きくなるにしたがって、拘束する探索ROIの数 N_c を小さくしてもよい。

【0047】

(1) 新たなシフトベクトルの大きさの総和が、所定の閾値以下になったら、繰り返しを終了する。すなわち、

【数6】

$$\begin{aligned} & \sum \{(nx(i, j))^2 \times (ny(i, j))^2\} \\ & = \text{Shift mag} < \text{th1} \end{aligned}$$

(2) 新たなシフトベクトルの大きさの総和の変化が、所定の閾値 t_{h2} 以下になつたら、繰り返しを終了する。すなわち、

【数7】

$$\text{Shift mag}(t) - \text{Shift mag}(t-1) < \text{th2}$$

(3) 繰り返しの回数 t が、所定回数 t_{h3} に達したら、繰り返しを終了する。すなわち、

【数8】

$$t < \text{th3}$$

次に探索 ROI の中心画素以外の画素のシフトベクトルを求める。探索 ROI の中心画素は図5に示すように、各探索 ROI の中心であるため、探索 ROI の中心画素以外の画素のシフトベクトルは、これら探索 ROI の中心画素のシフトベクトル（上述した修正後のシフトベクトル）を用いて求めることができる。

【0048】

すなわち図6に示すように、例えば4つの探索 ROI (RR11, RR12, RR21, RR22) の各中心に囲まれる範囲内の画素のシフトベクトルについては、隣接する探索 ROI (RR11, RR12) 間の距離および隣接する探索 ROI (RR11, RR21) の距離をそれぞれ1に規格化した上で、4つの探索 ROI (RR11, RR12, RR21, RR22) の各中心画素を4近傍とする1次近似により求めればよい。したがって、画素 (xu, yv) のシフトベクトル (nxu, nyv) は、下記式の通りに算出される。

【0049】

【数9】

$$\begin{aligned} nxu = & (1-u)(1-v) \cdot nx(1,1) + u(1-v) \cdot nx(1,2) \\ & + (1-u)v \cdot nx(2,1) + uv \cdot nx(2,2) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} nyu = & (1-u)(1-v) \cdot ny(1,1) + u(1-v) \cdot ny(1,2) \\ & + (1-u)v \cdot ny(2,1) + uv \cdot ny(2,2) \end{aligned} \quad (12)$$

以上の1次近似を他の画素についても適用することにより、第1画像P1中の全ての画素のシフトベクトルを算出する。なお、第1画像P1を構成する各画素のうち、4つの探索ROIの中心で囲まれる範囲の外の画素については、外挿によりシフトベクトルを算出すればよい。なお、1次近似のみならず、2次近似、スプライン、あるいはNURBS等により、シフトベクトルを求めてよい。

【0050】

このようにして得られた第1画像P1中の全ての画素ごとのシフトベクトルにしたがって、これらの各画素をそれぞれ移動させることにより、第1の画像P1は、第2の画像P2に対して画像全体として位置合わせがなされた画像P1'に変換される。

【0051】

なお、これらの位置合わせがなされた後の2つの画像P1'、P2間で、その後にサブトラクション処理等の画像間演算処理を施す場合には、両画像P1'、P2の対応する画素ごとに演算処理する必要があるのに対し、変換後第1画像P1'の画素は、シフトベクトルにより移動されているため、これらの移動された画素は、第2画像P2を構成する各画素にそれぞれ対応する位置に存在せず、画像間演算を実行することができない。

【0052】

そこで、第2画像P2を構成する各画素の位置に対応させて、変換後第1画像P1'を構成する画素を生成するために、第2画像P2を構成する各画素の位置の、変換後第1画像P1'における近傍4画素の画素値を用いた1次補間演算を施す。これにより、第2画像P2を構成する各画素に対応する位置に、変換後第1画像P1'の各画素が生成され、対応する画素間で画像間演算処理を施すことができ、両画像P1'、P2間の差異を抽出または強調したサブトラクション画像Psu ($= a_2 \cdot P2 - a_1 \cdot P1$; a_1, a_2 は定数) 等の画像間演算画像を得ることができる。

【0053】

なお、サブトラクション画像Psuとしては、下記式で表されるように、両画像P1 (P1')、P2間で差異のない部分を中間値 (中間濃度、中間輝度または

中間色)で再生するため、一定値(10bitで表現される画像のときは、中間値 $mid = 512$)を加算するとともに、差異のコントラストを調整するのが好ましい。

【0054】

【数10】

$$Psu = (a2 \cdot P2 - a1 \cdot P1) \times cont + mid \quad (13)$$

ただし、contはコントラスト係数、midは中間値をそれぞれ表す定数である

以上のように本実施形態の画像の位置合わせ方法によれば、全ての探索ROIをそれぞれ中心領域としたときの、周囲の複数の探索ROIと中心領域とをそれぞれ、中心領域の探索ROIについてのシフトベクトルの大きさと周囲の各探索ROIについてのシフトベクトルの大きさとに応じたバネ拘束力で、互いに引っ張り合いをさせて、ある程度の平衡状態とすることにより、各中心領域の探索ROIのシフトベクトル量を、周囲の探索ROIについてのシフトベクトルで平滑化することができ、この平滑化して得られたシフトベクトルにしたがって、各画素を移動させることにより、簡単な計算処理で平滑化効果を有するシフトベクトルを求める能够ととともに、位置合わせ精度を高く維持することができる。

【0055】

しかも本実施形態の画像位置合わせ方法では、画素のシフトベクトルの修正を、近傍領域(周囲8個の探索ROI)のみのシフトベクトルに基づいて行なうものであるため、シフトベクトルを修正しようとする画素からある程度離れた画素に対しては、その修正による影響が及ばないか、または影響があってもその影響が極めて小さいため実質的に影響が及ばないないのと同一視することができる。したがって、一部画素のシフトベクトルを修正した場合、その近傍領域までの範囲内で、再度、シフトベクトルを計算すればよく、画像全体のシフトベクトルの再計算をしていた従来の位置合わせ方法に比べて、再計算時間の大幅な短縮を図ることができる。

【0056】

なお本実施形態の画像の位置合わせ方法においては、中心領域の探索ROI（の中心画素）についてのシフトベクトル（x, y）と、周囲の各探索ROI（の中心画素）についてのシフトベクトル（ x_{ij} , y_{ij} ）との拘束を、両者のシフトベクトルの差分に比例するバネ拘束力によるものとして説明したが、本発明の画像位置合わせはこの態様に限るものではなく、両者のシフトベクトルに応じた拘束力によるものであれば、他の種類の拘束力を適用することもできる。

【0057】

そのような拘束力としては、バネ拘束力と同様に両者のシフトベクトルの差分に比例する弾性力や、両者のシフトベクトルの積に比例するとともに、両者の距離の二乗に反比例するクーロン力（シフトベクトルの大きさを、仮想的に「電荷」または「磁荷」に置換したときの引力）等を適用することができる。

【0058】

すなわち、シフトベクトルを仮想的に例えば磁荷（磁気量）とし、中心領域の探索ROI（の中心画素）についてのシフトベクトルと、周囲の各探索ROI（の中心画素）についてのシフトベクトルとの拘束力を磁力としたとき、両者のシフトベクトルを q_m , $q_{m'}$ とすれば、中心領域の探索ROIについてのシフトベクトルと、周囲の各探索ROIについてのシフトベクトルとの間に働く力（磁力（クーロン力）） F は、

$$F = K \cdot q_m \cdot q_{m'} / r^2$$

となる（ただし、 $K = 1 / 4 \pi \mu$ （ μ は真空の透磁率）である）。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の画像の位置合わせ方法の一実施形態の処理を示すフローチャート

【図2】

図1に示した実施形態の画像位置合わせ方法により位置合わせされる2つの画像 P_1 , P_2 を示す図

【図3】

テンプレートマッチングの作用を示す図

【図4】

各周囲探索R O I の各シフトベクトルと中心領域の探索R O I のシフトベクトルと、仮想的なバネで拘束した概念を示す図

【図5】

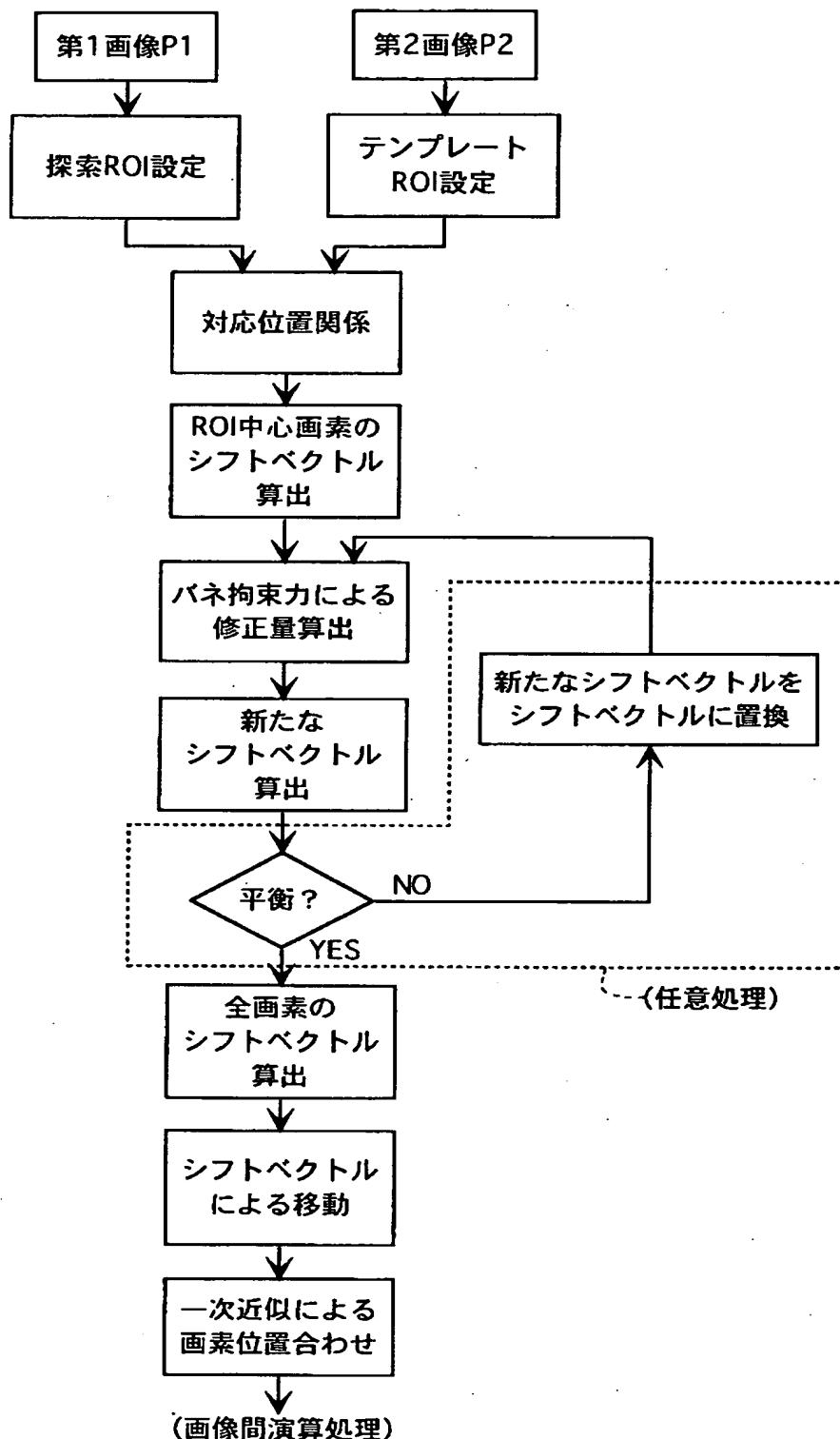
各探索R O I の中心画素のシフトベクトルに基づいて全画素のシフトベクトルを求める作用を説明する図

【図6】

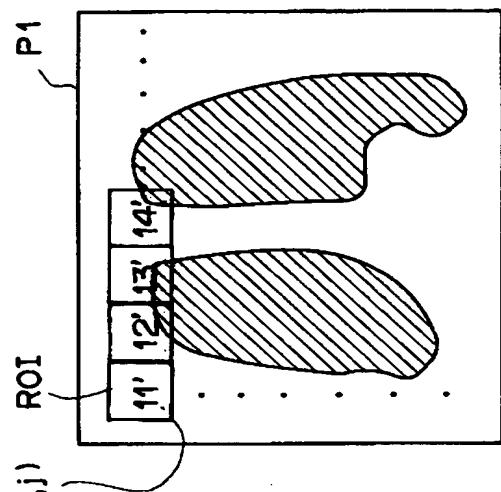
近傍4画素による一次近似を説明する図

【書類名】 図面

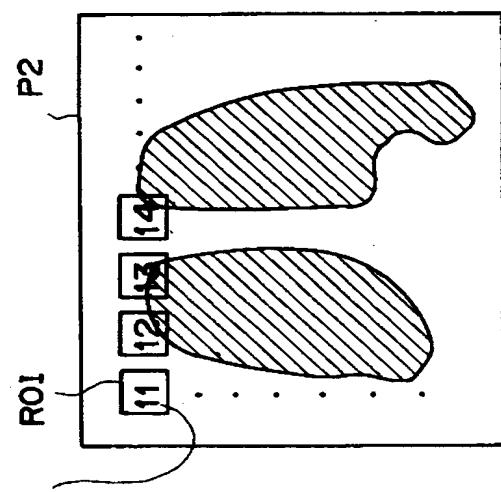
【図1】



【図2】



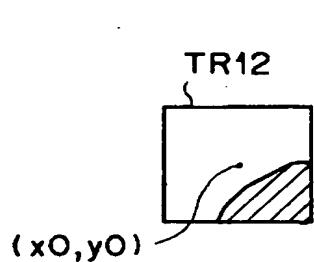
(1)



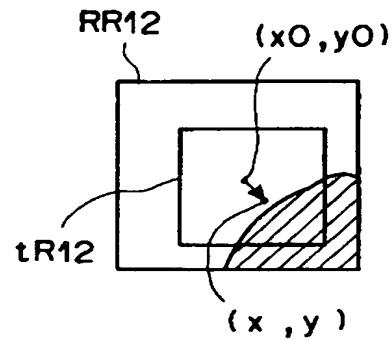
(2)

$A(i,j)$

【図3】

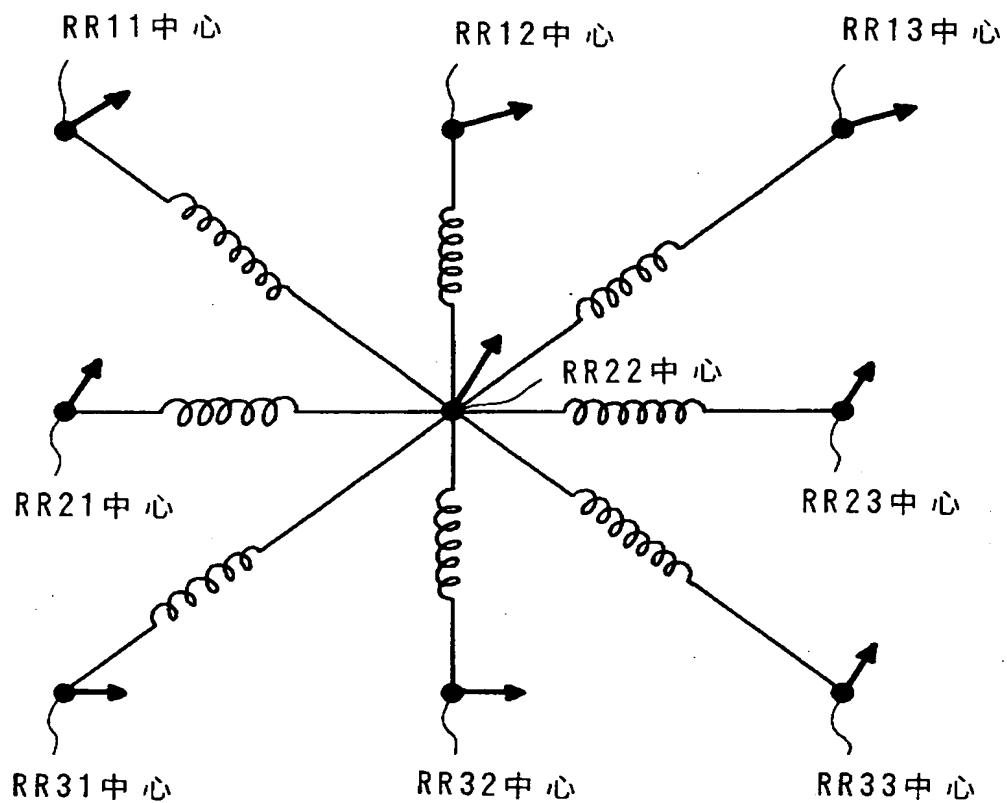


(1)

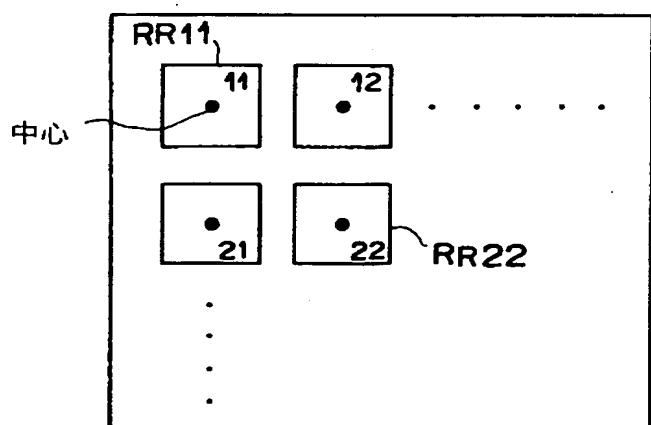


(2)

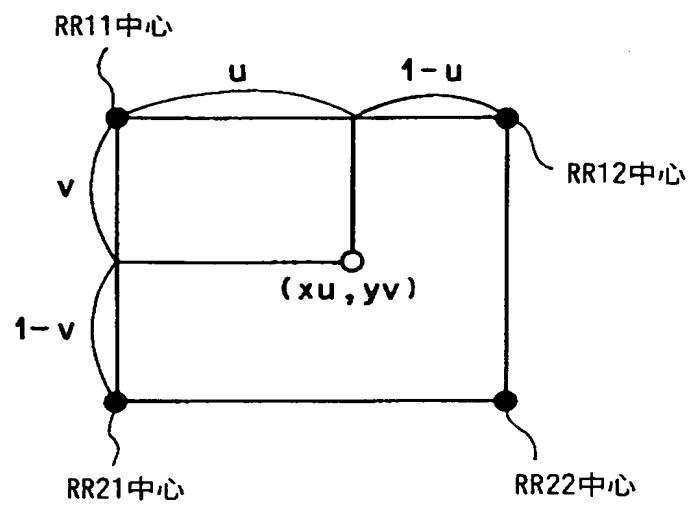
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 画像の位置合わせ方法において、比較対象となる2つの画像の位置合わせ精度を高く維持しつつ、計算時間を短縮する。

【解決手段】 第2画像P2を基準として第1画像P1を第2画像P2に位置合わせするに際し、第1画像P1に設定した多数の小領域（探索ROI）と第2画像P2に設定した多数の小領域（テンプレートROI）との間でテンプレートマッチングを行なって、各探索ROI（の中心画素）のそれぞれのシフト量を求め、各探索ROIを中心として、この中心の探索ROIのシフト量と近傍の探索ROIの各シフト量とをバネ拘束力で拘束し、拘束力が平衡するように、中心の探索ROIのシフト量を修正する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-283568
受付番号	50001195909
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成12年 9月20日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 9月19日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼210番地
【氏名又は名称】	富士写真フィルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名 富士写真フィルム株式会社